

京都大学工学部 正員 山本幸司
鴻池組技研 正員 田坂隆一郎
日本電子計算 初沢 実

1. はじめに 近年の建設需要の増大・多様化に対して、労働力、特に熟練労働力の不足が大きな問題としてクローズアップされている。この問題を克服するために、省力化施工を目的として、新しい建設技術の開発、大型土木機械による機械化施工などいくつかの対策が考えられているが、その結果として、1つの目的（ある構造物を設計仕様どおりに建設する）に対していくつかの代替案（施工法）が考えられるようになり、その組合せ方によつては、省力化という目標に対する満足度も異なることが予想される。本研究は、図-1に略記したオーブケーソン工事を事例として、施工法の組合せによる作業工程をシミュレーションモデルで表現し、省力化の程度を評価基準として各施工法に対する工程計画の評価方法を提案するものである。

2. 省力化の定義と指標 労働力の不足には、絶対数の不足、熟練労働力の不足などいくつかのパターンが考えられるため、一口に省力化といっても、それぞれのパターンに対応した定義づけが必要である。ここでは、省力化として次のような定義づけを行なった。なお、工事費に関しては触れていないが、これらの結果と工事費とのトレードオフ関係についてもある程度の考察が必要であることはいうまでもない。

- ① 延人数を減少（労働力の絶対数の不足に対処。たとえば、機械化、プレハブ化などが考えられる。）
- ② 特殊技術者・熟練技術者数を減少（熟練労働力の調査の困難さに対処。しかし、①の機械化、プレハブ化によつては、特殊技術者や熟練技術者数が逆に増加する可能性もある。）
- ③ 全工期を通じて就労労働者数を平均化（日々の投入量をバランスさせ、労働力の調査を容易にする。）
- ④ 工期の短縮（1日当りの投入人数は少々増加しても、現場拘束日数を減少させて他現場への配転を早める、組織全体としての労働力不足に対処する。）

3. 施工法の組合せ ケーソン工事はその工事内容から、準備工事や仮設工事と、ケーソンの製作・設置という本体工事とに分けられる。ケーソン工事の省力化は本体工事と準備工事・仮設工事を総合化したものについて評価すべきであるが、前者は現場の諸条件によって種々変化し、ケーソン工事という範ちゅうで規準化するのが困難であるため、ここでは本体工事のみを対象とした。従来、本体工事は鉄筋コンクリート構造のケーソンを現場施工し、ラムシェルなどの振削機ならびに荷重載荷・フリクションカットなどによって振削・沈下する方法がとられていた。しかし、この方法は工期的に不安定であり、ケーソンの不等沈下による傾斜、あるいは荷重載荷方法などに施工上の問題が多かったため、ウエル先端の刃口部分を垂直かつ確実に振削できる機構を有し、正確かつ短時間にウエルを沈設することを可能とする大口径振削機がいくつか開発されている。また一方では、作業日数も長く、複雑な施工段取りおよび多くの労働力を必要とした現場打設コンクリートによるく体構築を合理化し、合

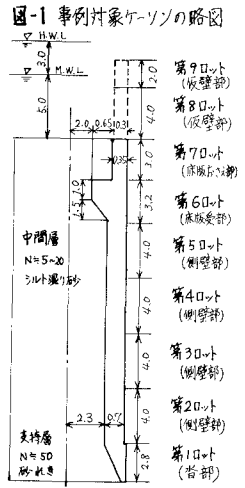


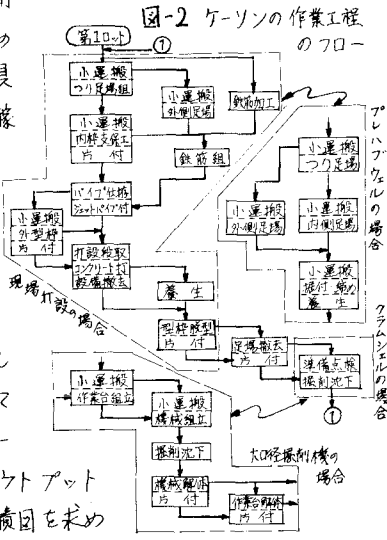
表-1 施工方法の組合せ

振削沈下 く体 構築方法	ラムシェル 振削	大口径振削機 第1.2ロット はラムシェル で大口径
現場打設コンクリート による構築	①	⑥ ⑪
鉄筋組みのみ プレハブ化	②	⑦ ⑫
第1ロット(首部) のみは現場打 設	③	⑧ ⑬
首部・底版 等は現場打設 する	④	⑨ ⑭
すべてのロットを プレハブ化	⑤	⑩ ⑮

4. シミュレーションモデルの作成 図-1に示したケーソン工事の作業工程を示したのが図-2である。実際には、第1、2ロット（首部を含む）とそれ以

降として作業手順が異なるが、図-2では第3ロット以下の場合のみを示した。このように、施工パターンネットワークフローとして表現できるため、施工システムの分析手法としてはPERT系によるモデル化が考えられる。しかし、PERT手法をそのまま適用すれば、ケーソンのロット数、基数が増加するにしたがってアクティビティ数が非常に多くなり計算時間が長くなること、各アクティビティの余裕（フロート）は算定できるが個々の資源の遊休率に求めにくいなどの難点がある。また実際には、図-2に示したような作業工程をロット数分だけサイクリックに繰返すことを考え、ロット番号および基番号をパラメータとするシミュレーションモデルを作成した。汎用シミュレータGASPによってシミュレーションするためのフローを示したのが図-3である。

5. 評価項目および評価方法 表-1の各施工パターンをGASPを用いたシミュレートし、それぞれに対して省力化の程度を評価するが、その評価項目としては、省力化として定義した4つの項目を考え、これらを見体的な数値として表現されたい。このうち①および②に関しては、純稼働日数に対するもののみではなく、拘束日数に対しても検討し、遊休率（兩者の比）を求める。また③に関しては、夜日めの職種への投入量を M_{ik} とし、 $\sum (M - M_{ik})^2$ を考える。ケーソン工事の省力化はケーソン1基当りに対する作業レベルでの省力化と、複数基ケーソンの施工に対する工程レベルでの省力化とに分けて考えられる。前者は技術的可能性に基づく作業計画的アプローチであり、後者は工事全体として機械、資材、人員の投入バランスを考えるものである。いずれに対しても従来工法（現場打設、クラムシェル振削）を基準として、各施工パターンの省力化率を算定することにした。そのため、シミュレーションのアウトプットとしては、④総所要日数、⑤各資源ごとの遊休日数、⑥各資源ごとの小積団を求めらる必要がある。



6. 今後の課題 本研究では、1施工条件下での各施工パターンに対する省力化を検討したが、汎用性の高いものとするためには以下に示すような種々の施工条件をシミュレーションのパラメータとし、総合的に検討する必要がある。

- i) 設計条件（ケーソンの口径・肉厚、1ロットの立ち上り高さ、ケーソンウェルの深さ、ケーソンの基数など）
- ii) 作業条件（支持層、中間層の土質状態、河川の水位など）
- iii) 管理条件（施工方法の組合せ、投入機械、人工数およびその運用方法）

最後に、本研究の遂行にあたっては、建設コンサルタンツ協会大阪支部・ケーソン工事省力化委員会に負うところが大きいことを付記し、あわせて関係各位に感謝の意を表します。なお、シミュレーション結果および考察は講演時にスライドで示すことにする。

図-3 ケーソンのシミュレーション・フロー

